

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10150048  
PUBLICATION DATE : 02-06-98

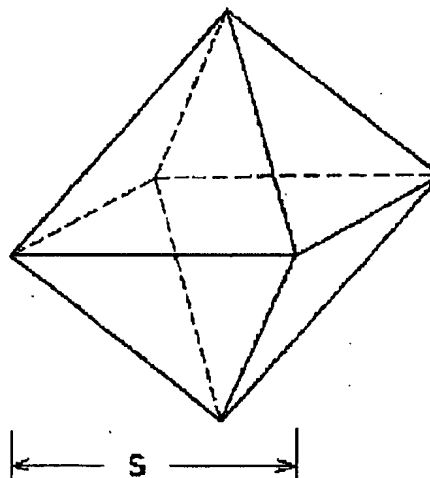
APPLICATION DATE : 15-11-96  
APPLICATION NUMBER : 08353386

APPLICANT : SUMITOMO SITIX CORP;

INVENTOR : SUEOKA KOJI;

INT.CL. : H01L 21/322

TITLE : SEMICONDUCTOR SUBSTRATE



**ABSTRACT :** PROBLEM TO BE SOLVED: To make it hard to generate slip transition from oxygen deposition even under the thermal compression stress, wherein the slip transition can occur, by containing the carbon having a specific concentration in a semiconductor substrate containing oxygen having the specific concentration.

**SOLUTION:** In the substrate containing the oxygen of  $(5-20) \times 10^{17}$  pieces/cm<sup>3</sup>, carbon of  $1-3.3 \times 10^{17}$  pieces/cm<sup>3</sup> is contained. At the time of heat treatment in manufacturing an LSI, the many forms of the oxygen deposition is made to be the polyhedron structure. Thus, the slip transition is hard to occur even if thermal stress is loaded, and the LSIs can be manufactured at the high yield.

**COPYRIGHT:** (C)1998,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-150048

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月2日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 21/322

識別記号

F I

H 0 1 L 21/322

Y

審査請求 未請求 請求項の数2 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-353386

(22) 出願日 平成8年(1996)11月15日

(71) 出願人 000205351

住友シチックス株式会社

兵庫県尼崎市東浜町1番地

(72) 発明者 末岡 浩治

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 井内 龍二

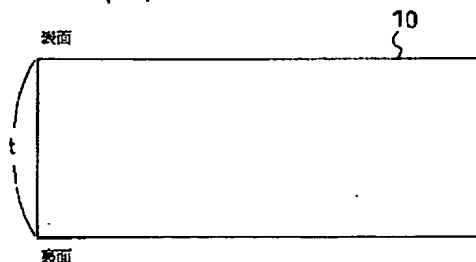
(54) 【発明の名称】 半導体基板

(57) 【要約】

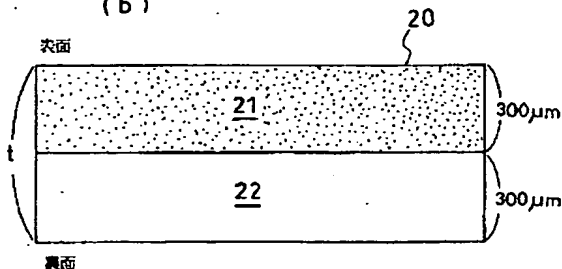
【課題】 実際のLSI製造時の熱処理により、酸素析出物からスリップ転位が発生し、このスリップ転位が半導体基板の表面を貫通してしまい、リーク電流発生の原因となっていた。

【解決手段】 半導体基板に $1 \sim 3.3 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ の範囲で炭素を含有させる。

(a)



(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】  $(5 \sim 20) \times 10^{17}$  個/ $\text{cm}^3$  の酸素を含む半導体基板において、 $1 \sim 3.3 \times 10^{17}$  個/ $\text{cm}^3$  の炭素を含有していることを特徴とする半導体基板。

【請求項2】  $(5 \sim 20) \times 10^{17}$  個/ $\text{cm}^3$  の酸素を含む半導体基板において、表面からの深さが基板厚みの  $1/2$  以下の範囲に  $1 \sim 3.3 \times 10^{17}$  個/ $\text{cm}^3$  の炭素を含有していることを特徴とする半導体基板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体基板に関し、より詳細には素子形成領域に欠陥を有さない半導体基板に関する。

## 【0002】

【従来の技術】LSI等の集積回路形成用基板として用いられる半導体基板の大部分は、石英るつぼ内に充填されたSi融液を回転させながら引き上げるチョクラルスキー法(CZ法)、と呼ばれる引き上げ方法により育成されたSi単結晶から製造されている。

【0003】Si単結晶をCZ法を用いて育成すると、石英るつぼ自身がSi融液に溶解して酸素を溶出し、この酸素は固液界面からSi単結晶中に  $(5 \sim 20) \times 10^{17}$  個/ $\text{cm}^3$  の濃度で取り込まれる。この酸素は、LSI製造の際の  $1000^\circ\text{C}$  程度の熱処理によりSi半導体基板(以下、単に半導体基板と記す)内に  $\text{SiO}_2$  (以下、酸素析出物と記す)として析出する。酸素析出物は汚染重金属のゲッタリング作用を有するため、その存在は高品質の半導体基板に不可欠となっている(岸野正剛、「超LSI材料、プロセスの基礎」(1987)p.83)。

【0004】半導体基板(以下、単に基板と記す)にLSI製造の熱処理を施す際、通常、基板内には温度分布が生じる。特に、炉への搬入時には基板の外周部の温度は中心部の温度よりも高くなっている。このため、基板の外周部は中心部に対して膨張し、外周部には熱圧縮応力が働くことになる。一方、炉からの搬出時には、基板の中心部の温度は外周部の温度よりも高くなっている。このため、基板の中心部は外周部に対して膨張し、中心部には熱圧縮応力が働くことになる。酸素析出物を含有する基板に熱圧縮応力が負荷されると、酸素析出物からスリップ転位が発生する場合がある(Jpn.J. Appl. Phys., 27(12)(1988) H. Shimizu and T. Aoshima, p.2315)。

【0005】図5に、酸素析出物から発生したスリップ転位を含む直径150mmの基板のX線トポグラフ像を示す。写真中で白いコントラストを呈している線状の欠陥がスリップ転位である。このスリップ転位は図6に示すようにループ形状をしており、Siの{111}面上を運動して広がる。直径150mm以上の基板表面の面

方位は一般に{100}面が使用されているため、スリップ転位1は基板の表面あるいは裏面に向かって運動することになる。このうち、基板の表面から基板厚みの  $1/2$  以下の範囲に存在する酸素析出物2から発生したスリップ転位1は基板の表面を貫通する可能性が高い。このようなスリップ転位1が素子形成領域にあらわれるとリーク電流発生の原因になると考えられており、LSIにとって有害となる。

【0006】一方、基板の裏面から厚みの  $1/2$  以下の範囲に存在する酸素析出物2から発生したスリップ転位1は基板表面を貫通する可能性は低く、また、スリップ転位1は汚染重金属のゲッタリング作用を持つため、基板表面から十分離れた位置に存在するスリップ転位1はLSIにとって有効となる(岸野正剛、「超LSI材料、プロセスの基礎」(1987)p.72)。

【0007】以上の点から、熱圧縮応力下で酸素析出物からスリップ転位が発生しない基板を提供できればLSI製造の歩留りは向上し、さらに、基板の裏面から厚みの  $1/2$  以下の範囲に存在する酸素析出物のみからスリップ転位が発生するように制御できれば、汚染物質ゲッタリング能力が向上し、歩留りはさらに向上する。しかしながら現状では、スリップ転位が発生しない基板の提供、及び裏面側にのみスリップ転位が発生する基板の提供は困難であるため、実際のLSI製造の熱処理では酸素析出物によるスリップ転位の発生が起こらない程度に熱圧縮応力の発生を制御している。すなわち、(1)炉への搬入、搬出速度の制御、(2)基板間隔の制御、等がなされている。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、実際のLSI製造の熱処理においては、炉中の温度分布の時間変動や、その他の詳細不明の原因により熱圧縮応力が増大して、酸素析出物からスリップ転位が発生し、このスリップ転位が基板の表面を貫通するという課題があった。

【0009】本発明は上記課題に鑑みなされたものであって、通常ならばスリップ転位が発生可能な熱圧縮応力下でも酸素析出物からスリップ転位が発生しにくい基板を提供する、さらに、汚染物質のゲッタリング能力を向上させるため、基板の裏面から厚みの  $1/2$  以下の範囲に存在する酸素析出物のみからスリップ転位が発生しやすい基板を提供することを目的としている。

## 【0010】

【課題を解決するための手段及びその効果】上記目的を達成するために本発明に係る半導体基板(1)は、 $(5 \sim 20) \times 10^{17}$  個/ $\text{cm}^3$  の酸素を含む半導体基板において、 $1 \sim 3.3 \times 10^{17}$  個/ $\text{cm}^3$  の炭素を含有していることを特徴としている。

【0011】500nmのサイズの板状析出物と同一体積を持つ多面体析出物のサイズは150nm程度とな

る。多面体析出物の場合、そのサイズが約200nm以上になるとスリップ転位を発生し易く、また、板状析出物の場合、そのサイズが約230nm以上になるとスリップ転位を発生し易いことを本発明者は知見している。板状析出物でそのサイズが500nmを超えることはめったにない。従って、板状析出物を多面体析出物の形態に変えてやることができれば析出物のサイズはほとんど150nm程度以下となり、スリップ転位を発生させる大きさに達することはなくなる。

【0012】通常、1000℃及びそれ以下の温度で熱処理を施せば、酸素析出物の形態は板状となる。

【0013】しかしながら基板中における炭素濃度が $(1 \sim 3) \times 10^{17}$ 個/cm<sup>3</sup>の場合、炭素濃度が $1 \times 10^{17}$ 個/cm<sup>3</sup>未満の場合に比べて、1000℃及びそれ以下の温度で熱処理を施しても酸素析出物の形態は多面体になり易い(J. Appl. Phys., 67(9)(1990) Q. Sun et al., p. 4313)。

【0014】また、Si中における炭素の固溶度の上限は $3.3 \times 10^{17}$ 個/cm<sup>3</sup>程度であり(Semiconductor silicon crystal technology, (1989) F. Shimura, p. 149)、この濃度以上の炭素はSi置換位置に入らず、Siとの化合物(SiC等)として析出してしまふ。従って、 $3.3 \times 10^{17}$ 個/cm<sup>3</sup>を越える濃度はあまり好ましくない。

【0015】従って、上記半導体基板(1)によれば、1000℃以下の熱処理を施しても酸素析出物の形態は多面体となり、そのサイズは150nm程度以下となり、スリップ転位を発生させる確率をほとんどゼロにすることができる。

【0016】また、本発明に係る半導体基板(2)は $(5 \sim 20) \times 10^{17}$ 個/cm<sup>3</sup>の酸素を含む半導体基板において、表面からの深さが基板厚みの1/2以下の範囲に $1 \sim 3.3 \times 10^{17}$ 個/cm<sup>3</sup>の炭素を含有していることを特徴としている。

【0017】上記半導体基板(2)によれば、基板表面からの厚みが1/2以下の範囲(素子形成領域側)では上記理由により、1000℃以下の熱処理を施してもスリップ転位を発生しにくく、他方、基板裏面からの厚みが1/2以下の範囲では炭素濃度が低いため、1000℃以下の熱処理を施すと、板状析出物が析出してスリップ転位を発生しやすい。このスリップ転位が汚染物質のゲッタリング能力を高め、より高品質の基板を提供することができることとなる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る半導体基板の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0019】本発明者は、熱応力が作用した状態でスリップ転位源となりうる酸素析出物のサイズを以下の方法で調査した。まず、熱処理により約70nm、230nm、330nm、400nm、490nmの板状析出物

を別々に含む直径150mmの半導体基板を5枚用意した。次に、すべての基板に同時に熱応力を負荷し、TEM (Transmission electron microscopy) 法により酸素析出物のサイズを測定し、スリップ転位発生の有無を調査した。ここで熱応力は、3.3mmの間隔で基板を設置した石英ボートを、1000℃に維持した横型熱処理炉中に1分あたり15cmの速度で搬入、搬出することで負荷した。通常のLSI製造の熱処理条件は約3.5mmの間隔で基板を設置し、約5cm/minの速度で、800℃程度に維持された炉へ搬入あるいは炉から搬出するものであり、上記条件は通常負荷される熱応力より十分に大きな熱応力がかかるものである。その結果、約230nm以上の板状の酸素析出物がスリップ転位を発生させる可能性が高いことを見いだした。

【0020】本発明者はさらに、約100nm、130nm、180nm、200nm、220nmの多面体の酸素析出物を別々に含む直径150mmの基板を5枚用意して同様の方法で酸素析出物によるスリップ転位発生の有無を調査した。その結果、約200nm以上の多面体の酸素析出物からはスリップ転位発生の可能性が高いことを見いだした。以上の知見から、酸素析出物の形態によらず、そのサイズを約200nm以下に制御することでスリップ転位の発生を抑制できることがわかる。

【0021】ここで、板状の酸素析出物は一般に図1(a)に示した形状で表せ、多面体の酸素析出物は図1(b)に示した形状で表せる。

【0022】板状の酸素析出物の体積 $V_L$ は下記の数1式で表され、

【0023】

$$\text{【数1】 } V_L = 4\pi/3 \cdot L^2 / 2 \cdot b$$

ここで、Lは対角線長さ、bは厚さを表わし、 $b/L \approx 0.007$ となる。

【0024】多面体の酸素析出物の体積 $V_S$ は下記の数2式で表わされ、

【0025】

$$\text{【数2】 } V_S = (2^{1/2} / 3) S^3$$

となる。

【0026】板状の酸素析出物と多面体の酸素析出物の体積が同じとすると、

$$4\pi/3 \cdot L^2 / 2 \cdot 0.007 \cdot L = (2^{1/2} / 3) S^3$$

となり、

$$(2\pi \cdot 2^{1/2} \times 0.007) L^3 = S^3$$

の関係が成立し、 $L = 500\text{nm}$ の場合、 $S = 155\text{nm}$ となる。

【0027】それ故、非常に大きな体積の酸素析出物を除いて、その形態を多面体にするだけでスリップ転位の発生は抑制できることになる。なお、一般にLSI製造のための熱処理時の代表的温度である1000℃およびそれ以下の温度では板状析出物が成長する。

【0028】他方、 $1 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ 以上の炭素の存在が、 $10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ 未満の場合と比較して、 $1000^\circ\text{C}$ およびそれ以下の温度でも酸素析出物の形態を多面体にしやすい。

【0029】 $(5 \sim 20) \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ の酸素を含む直径 $150\text{mm}$ 以上の基板を用い、イオン注入法により $1 \sim 3 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ 以上の炭素を含有させることにより、LSI製造のための熱処理時に於いて、酸素析出物の形態は多面体となり易く、熱応力が負荷されてもスリップ転位が発生しにくいことになる。それ故、この基板を用いることでLSIを高歩留りで製造可能となる。さらに基板の表面からの厚みが $1/2$ 以下の範囲に $1 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ 以上の炭素を含有させることにより、上記した理由で前記範囲（素子形成領域）ではスリップ転位が発生しにくく、一方、基板の裏面からの厚みが $1/2$ 以下の範囲の炭素濃度を低くしておくことにより酸素析出物の形態は板状となり易く、スリップ転位が発生し易いことになる。このスリップ転位により、汚染物質のゲッタリング能力が高まり、それ故、この基板を用いることでLSI製造の歩留りをさらに高めることが可能となる。

【0030】

【実施例及び比較例】以下、本発明に係る半導体基板の実施例を説明する。

【0031】図2(a)は、実施例に係る半導体基板を模式的に示した断面図であり、図中10は約 $15 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ の酸素を含む、直径 $150\text{mm}$ の半導体基板を示している。半導体基板10の厚み $t$ は約 $600\mu\text{m}$ であり、半導体基板10は全領域にわたり、炭素を約 $1 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ 、あるいは約 $3 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ の濃度で含有している。図2(b)は、別の実施例に係る半導体基板を模式的に示した断面図であり、図中20は約 $15 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ の酸素を含む直径 $150\text{mm}$ の半導体基板を示している。半導体基板20は表面酸化膜を介して直接接合させる基板接合法（志村史夫、「半導体シリコン結晶工学」（1995）丸善 p. 229）により作製されており、表面側が炭素を約 $1 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ 、あるいは約 $3 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ の濃度で含有する厚み $300\mu\text{m}$ の基板21となっており、裏面側が炭素をほとんど含まない厚み $300\mu\text{m}$ の基板22となっている。このように構成された実施例の半導体基板10、20及び比較例として酸素濃度が約 $15 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ であり、炭素濃度が約 $5 \times 10^{16}$ 個/ $\text{cm}^3$ 、あるいは約 $8 \times 10^{16}$ 個/ $\text{cm}^3$ である半導体基板を用い、両基板にLSI製造の際に実施される条件で熱処理を施した後、各基板表面から約 $t/6$ 、及び約 $5t/6$ の各位置に存在した酸素析出物の形態を透過型電子顕微鏡（TEM）により観察した。実施例に係る半導体基板20の表面から約 $t/6$ に存在した酸素析出物のTEM像を図3(a)に、約 $5t/6$ に存在した

析出物のTEM像を図3(b)に示す。

【0032】図3(a)から、半導体基板20の表面から約 $t/6$ に存在する酸素析出物の形態はSiの $\{111\}$ 面で囲まれた多面体であることがわかる。また、図3(b)から、半導体基板20の表面から約 $5t/6$ に存在する酸素析出物の形態はSiの $\{100\}$ 面で囲まれた板状であることがわかる。一方、実施例に係る半導体基板10については、表面から約 $t/6$ 及び約 $5t/6$ に存在した酸素析出物の形態はいずれも図3(a)に示すような多面体であり、比較例に係る半導体基板については表面から約 $t/6$ 及び約 $5t/6$ に存在した酸素析出物の形態はいずれも図3(b)に示すような板状であることがわかった。

【0033】実施例に係る半導体基板10、20と比較例に係る半導体基板について、LSI製造の際に実施される熱処理を施した後、発明の実施の形態の欄に記載した方法で熱応力を負荷した。そして、以下の手順でスリップ転位の発生状況を比較した。まず、両半導体基板を半分に劈開した。次に、劈開面に欠陥選択エッチング法を施し、スリップ転位をエッチピットとして顕在化させた。最後に、光学顕微鏡でエッチピットの個数を測定することで、図4に示すスリップ転位密度の基板表面からの深さ方向分布を得た。

【0034】図4から明らかなように、比較例（炭素濃度約 $5 \times 10^{16}$ 個/ $\text{cm}^3$ ）のものでは基板の表面から裏面までスリップ転位が発生しているが、実施例に係る半導体基板10（炭素濃度約 $3 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ ）では、基板表面から裏面までスリップ転位の密度が非常に低くなっている。また、実施例に係る半導体基板20（炭素濃度約 $3 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ ）では、基板表面から約 $t/2$ まではスリップ転位の密度が非常に低くなっており、基板裏面から約 $t/2$ の範囲ではスリップ転位が比較例と同じ程度に発生している。

【0035】また炭素濃度が約 $1 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ の半導体基板10、炭素濃度が約 $1 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ の半導体基板20、炭素濃度が約 $8 \times 10^{16}$ 個/ $\text{cm}^3$ の比較例に係る半導体基板の場合も図4に示した結果と、ほぼ同様の結果を得ることができた。

【0036】以上、実施例に係る半導体基板10は、約 $1 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ 、あるいは約 $3 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ の炭素を含有している。したがって、LSI製造時の熱処理を受けても酸素析出物の形態は多面体となりやすく、スリップ転位を発生しにくい。それ故、基板表面まで貫通するスリップ転位の密度は非常に低くなる。

【0037】さらに、実施例に係る半導体基板20は、基板の表面からの厚みが $1/2$ 以下の範囲には約 $1 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ 、あるいは約 $3 \times 10^{17}$ 個/ $\text{cm}^3$ の炭素を含有している。したがって、LSI製造時の熱処理を受けてもこの範囲内の酸素析出物の形態は多面体となりやすく、スリップ転位を発生しにくい。また、裏面か

らの厚みが $1/2$ 以下の範囲では炭素がイオン注入されおらず、酸素析出物の形態は板状となり、スリップ転位が発生しやすい。

【0038】このスリップ転位による汚染重金属のゲッタリング作用が向上する。従って、実施例2に係る半導体基板20を使用することで、LSI製造の歩留りがさらに向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は板状の酸素析出物を、(b)は多面体の酸素析出物をそれぞれ模式的に示した斜視図である。

【図2】(a)は本発明の実施例に係る半導体基板を模式的に示した断面図であり、(b)は別の実施例に係る半導体基板を模式的に示した断面図である。

【図3】(a)は実施例に係る半導体基板の表面から約

$t/6$ に存在する多面体酸素析出物を示す顕微鏡写真であり、(b)は実施例に係る半導体基板の表面から約 $5t/6$ に存在する板状酸素析出物を示す顕微鏡写真である。

【図4】実施例と比較例の半導体基板において発生したスリップ転位の基板深さ方向分布を示す図である。

【図5】酸素析出物から発生したスリップ転位を含む半導体基板を示すX線写真である。

【図6】酸素析出物から発生したスリップ転位を模式的に示した図である。

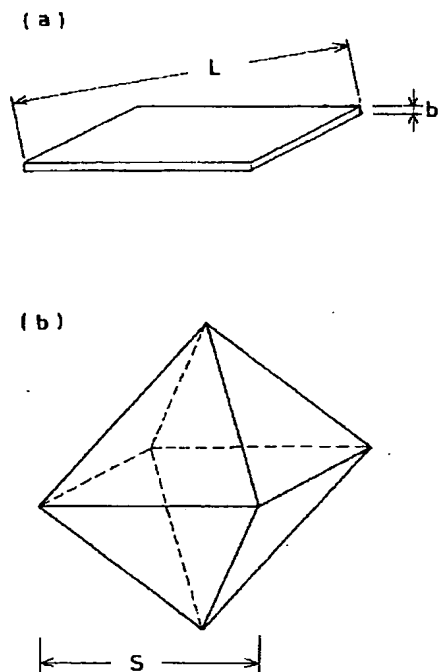
【符号の説明】

1 スリップ転位

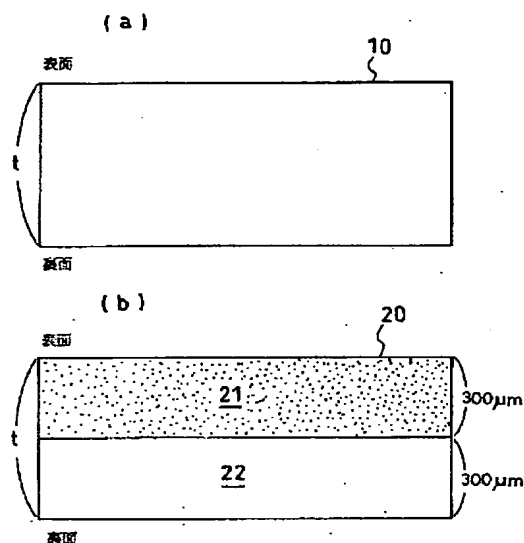
2 酸素析出物

10、20 半導体基板

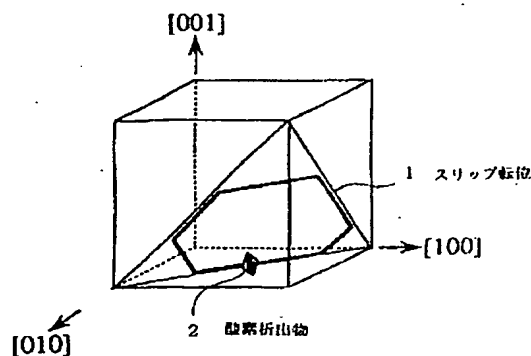
【図1】



【図2】

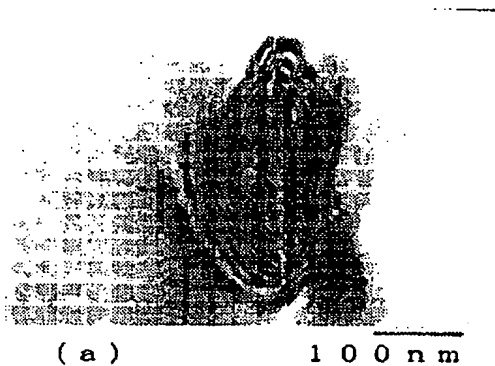


【図6】

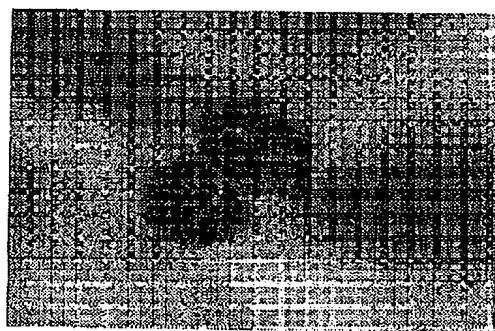
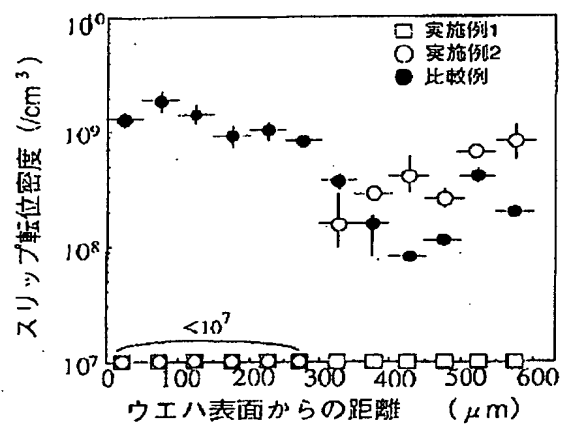


【図3】

図面代用写真



【図4】



【図5】

画面代用写真

